



EP 00/02593

MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

DIREZIONE GENERALE DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

4



REC'D 15 MAY 2000

WIPO PCT

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per INV. IND.

BO 99 A 000137

N.

*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito*

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Roma, li 19 FEB. 2000

X IL DIRETTORE DELLA DIVISIONE
Ing. DI CARLO

Ing. Di Carlo

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - R
DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A



A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione COROB INTERNATIONAL AG
Residenza AARAU (CH) codice _____
2) Denominazione _____
Residenza _____ codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome PROVVISIONATO PAOLO cod. fiscale _____
denominazione studio di appartenenza PROVVISIONATO & CO S.R.L.
via MASCARELLA n. 85 città BOLOGNA cap 40126 (prov) BO

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via _____ n. _____ città _____ cap _____ (prov) _____

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci) _____

gruppo/sottogruppo _____

PROCEDIMENTO PER L'INDIVIDUAZIONE DI AREE CHIUSE E LA DEFINIZIONE DI MASCHERATURE
IN UN'IMMAGINE DIGITALE

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA _____ N° PROTOCOLLO _____

INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) FERRETTI ILIC 3) _____
2) CASARINI PAOLO 4) _____

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato
S/R

SCIoglimento RISERVE

Data

N° Protocollo

1) _____
2) _____

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) 2 PROV n. pag. 27 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)
Doc. 2) 2 PROV n. tav. 03 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare
Doc. 3) 1 RIS lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale
Doc. 4) 1 RIS designazione inventore
Doc. 5) 1 RIS documenti di priorità con traduzione in italiano
Doc. 6) 1 RIS autorizzazione o atto di cessione
Doc. 7) 1 nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale lire

CINQUECENTOSESSANTACINQUEMILA =

obbligatorio

COMPILATO IL 24 03 1999

FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)

CONTINUA SINO NO

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SINO SI

Ing. Paolo Provvisionato
Iscriz. Albo N. 536

UFFICIO PROVINCIALE IND. COMM. ART. DI

BOLOGNA

codice 37

VERBALE DI DEPOSITO

NUMERO DI DOMANDA

B099A000137

Reg. A

L'anno millenovecento NOVANTANOVE

il giorno

VENTIQUATTRO

del mese di

MARZO

il (i) richiedente (i) sopraindicato (i) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredate di n. 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto soprariportato.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

NESSUNA



IL DEPOSITANTE

UFFICIALE ROGANTE

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

NUMERO DOMANDA BO99A000137

REG. A

DATA DI DEPOSITO

26/03/1999

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

A. RICHIEDENTE (I)

Denominazione

COROB INTERNATIONAL AG

Residenza

AARAU (CH)

B. TITOLO

PROCEDIMENTO PER L'INDIVIDUAZIONE DI AREE CHIUSE E LA DEFINIZIONE DI MASCHERATURE
IN UN'IMMAGINE DIGITALE

Classe proposta (sez./cl./scl/)

(gruppo/sottogruppo)

L. RIASSUNTO

Un procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale, comprende le fasi di: suddividere un'immagine in una pluralità di punti e memorizzare in sequenza ordinata nella memoria di un elaboratore elettronico valori rappresentativi almeno della luminosità relativa di ciascun punto dell'immagine; memorizzare in sequenza ordinata nella memoria dell'elaboratore elettronico valori rappresentativi del gradiente di luminosità di ciascun punto dell'immagine, determinati in base ai valori di luminosità di ciascun punto e dei punti circostanti; predisporre un valore di soglia intermedio, per suddividere i valori di gradiente di luminosità in un primo ed un secondo gruppo; memorizzare nella memoria dell'elaboratore elettronico una serie ordinata di valori identificativi di confini, definiti ciascuno da una schiera di punti adiacenti il cui valore di gradiente appartenga al primo gruppo di valori di gradiente di luminosità; selezionare bordi chiusi, definiti dai confini i cui punti presentano tutti almeno due vicini i cui valori di gradiente di luminosità appartengono al primo gruppo; memorizzare nella memoria dell'elaboratore elettronico i punti dell'immagine che sono compresi all'interno di ciascun bordo, preso in successione, per definire aree di mascheratura dell'immagine digitale in corrispondenza di oggetti raffigurati nell'immagine stessa.

Ing. Paolo Provvisionato

Iscrip. Albo N. 536

UFFICIO PROVINCIALE INDUSTRIA
COMMERCIO E ARTIGIANATO
DI BOLOGNAUFFICIO BREVETTI
FUNZIONARIO

M. DISEGNO



DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo: "Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale"

di: COROB INTERNATIONAL AG, nazionalità svizzera - Aarau (Svizzera)

Inventori designati: Ilic FERRETTI, Paolo CASARINI

depositata il: 24 marzo 1999

* * *

La presente invenzione si riferisce al trattamento delle immagini in generale, ed in particolare ai sistemi per il trattamento di immagini digitali.

L'invenzione è stata sviluppata con particolare riguardo ad un procedimento per individuare aree chiuse e definire corrispondenti zone di mascheratura in corrispondenza dei contorni di oggetti raffigurati in un'immagine complessa, ad esempio l'immagine di un edificio oppure dell'interno di un locale arredato.

Un sempre maggior numero di applicazioni richiede la mascheratura di zone specifiche di un'immagine digitale per una successiva elaborazione, ad esempio per ritagliare oggetti specifici dall'immagine stessa, oppure per modificare il colore o la forma di determinati oggetti, lasciando inalterato il resto dell'immagine, o viceversa. Un sistema molto noto è il cosiddetto "croma-key". Tale sistema, di tipo analogico, consente di eliminare da un'immagine le aree aventi un colore predeterminato e viene spesso utilizzato per sovrapporre l'immagine di una persona ad uno sfondo selezionato a piacere.

Una discussione approfondita del sistema croma-key, dei suoi

svantaggi, e di un sistema per risolverli con riferimento all'elaborazione di un'immagine digitale è presentata nel brevetto US-A-5469536. In tale brevetto viene discusso un procedimento di elaborazione d'immagine con capacità di mascheratura che risolve i problemi del tradizionale sistema croma-key e che consente di definire, a partire dall'immagine digitale di una persona su uno sfondo sostanzialmente uniforme, il contorno di separazione fra la persona e lo sfondo stesso, in modo da poter eliminare le porzioni dell'immagine, e cioè lo sfondo stesso, situate al di fuori del contorno. In questo modo, l'immagine risultante può essere sovrapposta ad uno sfondo di tipo diverso, precedentemente acquisito e memorizzato in forma digitale nella memoria di un elaboratore elettronico. Il metodo per identificare il contorno consiste nell'organizzazione dei punti dell'immagine digitale in righe successive e l'analisi in successione del colore di tali punti finché, per ogni riga, non si incontra una differenza fra i valori di tonalità cromatica di due punti adiacenti, superiore ad un valore di soglia predeterminato. I due punti in corrispondenza dei quali si rileva una tale differenza di tonalità cromatica sono perciò definiti come appartenenti l'uno allo sfondo, e l'altro all'immagine da mascherare. Il procedimento avviene in contemporanea per il lato destro ed il lato sinistro dell'immagine.

Il procedimento descritto nel brevetto US-A-5469536 presenta lo svantaggio che lo sfondo dell'immagine digitale deve essere necessariamente di un colore sostanzialmente uniforme. Inoltre, tale sistema si limita a trovare il contorno solo di oggetti convessi, quale ad esempio l'immagine del volto di una persona. Il procedimento non è in grado di rilevare il contorno di oggetti concavi, che presentino zone con rientranze,

PROVISIONATO & CO. S.R.L.

nicchie o insenature. Il procedimento inoltre non riesce a cogliere correttamente i contorni di più oggetti raffigurati in un'immagine, quando questi siano parzialmente sovrapposti o presentino i rispettivi contorni l'uno interamente racchiuso nell'altro. Un ulteriore svantaggio è dato dal fatto che il procedimento non è in grado di rilevare eventuali fori o ritagli nell'immagine da mascherare, che ad esempio lascino intravedere o trasparire lo sfondo anche in zone contenute all'interno del contorno più esterno di un oggetto.

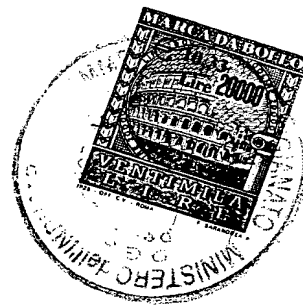
Per ovviare ai problemi sopra accennati, sono state proposte soluzioni diverse, che prevedono una maggiore o minore interazione di un utente, ad esempio per definire in prima approssimazione un intorno dell'immagine in cui cercare il contorno di una figura, oppure per definire, in una zona limitata dell'immagine, la differenza fra tonalità cromatiche identificative rispettivamente dello sfondo e della figura. Un esempio di tali procedimenti di mascheratura guidati dall'utente è il prodotto di mascheratura noto con il nome commerciale Mask Pro della Extensis Corporation, come descritto all'indirizzo internet <http://www.extensis.com/>.

Sebbene i sistemi sopra menzionati consentano di raggiungere risultati di mascheratura precisi, tuttavia essi sono destinati ad un impiego professionale e richiedono una notevole esperienza d'uso, oltre al fatto che l'identificazione di aree chiuse in un'immagine complessa e la mascheratura delle stesse richiede generalmente parecchio tempo.

Fra le tante, un'applicazione di particolare interesse dei sistemi di mascheratura di immagini digitali riguarda il settore dei cosiddetti sistemi tintometrici, in cui una macchina dosatrice provvede ad erogare quantità

predeterminate di uno o più coloranti concentrati all'interno di un contenitore contenente un prodotto base di colore uniforme, nella maggior parte dei casi bianco o trasparente, per ottenere una pittura finale del colore desiderato. Nell'ambito di tale settore, si sente sempre più il bisogno di poter fornire ai potenziali clienti un'idea in anteprima del risultato che si potrà ottenere con la pittura finale, quando questa venga ad esempio applicata su oggetti, specie di arredamento, oppure venga impiegata per dipingere le pareti di una stanza, o anche l'esterno di un edificio. A questo proposito sono note tecniche per rendere in visualizzazione sullo schermo di un elaboratore elettronico lo stesso colore di una pittura finale, sulla base di parametri identificativi dello stesso.

Tuttavia, la sola visualizzazione in anteprima del colore della pittura finale non è spesso sufficiente per dare un'idea del risultato finale, e sempre più spesso sorge l'esigenza di mostrare ai potenziali clienti l'effetto dell'applicazione di tale pittura su un oggetto specifico. Scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema di elaborazione di un'immagine digitale che consenta di individuare in modo rapido e semplice i contorni di figure all'interno dell'immagine stessa, in modo da poter mascherare dette figure le une indipendentemente dalle altre e dalle zone di sfondo circostanti. Un altro scopo dell'invenzione è quello di fornire un sistema del tipo suddetto che possa funzionare in combinazione con un sistema tintometrico, ed in particolare con una macchina dosatrice di coloranti, per fornire in uscita una pittura di colore desiderato. A tale proposito, risulta particolarmente utile la possibilità di impiegare, per l'attuazione del sistema della presente invenzione, il medesimo elaboratore elettronico adottato per



PROVISIONATO & CO S.R.L.

controllare la suddetta macchina dosatrice di coloranti.

Al fine di raggiungere gli scopi sopra indicati, l'invenzione ha per oggetto il procedimento definito dalle rivendicazioni che seguono.

Grazie alla presente invenzione, un potenziale cliente può ad esempio presentarsi presso un punto di vendita che impieghi un sistema tintometrico, con un'immagine raffigurante l'oggetto, la stanza o l'edificio a cui egli desideri cambiare colore. Tale immagine, qualora non sia già in formato digitale, può essere acquisita in tale formato ad esempio mediante uno scanner e caricata su un elaboratore elettronico, preferibilmente lo stesso elaboratore destinato al controllo della macchina dosatrice di pitture. Una volta acquisita l'immagine, il sistema della presente invenzione provvede ad identificare i contorni di aree chiuse all'interno dell'immagine, corrispondenti ai contorni di oggetti in essa raffigurati. Il cliente può così interagire mediante un sistema di input, ad esempio una tastiera, un mouse, un joystick o simili, con figure specifiche selezionate e mascherate all'interno di tale immagine, resa in visualizzazione su uno schermo video, oppure con le aree ad esse esterne, ad esempio per modificare il colore della parete di una stanza senza che venga alterato il colore dell'arredamento visibile nell'immagine.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno dalla descrizione che segue di una forma preferita di attuazione, con riferimento ai disegni annessi, dati a titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 è un'immagine di esempio, convertita in tonalità di grigio per l'applicazione del procedimento della presente invenzione,
- la figura 2 è una rappresentazione dell'immagine della figura 1, al

PROVISIONATO & CO S.R.L.

termine dell'elaborazione da parte di un algoritmo di rilevamento dei confini (edge-detection) e di un eventuale ciclo di chiusura di confini,

- la figura 3 è una rappresentazione dell'immagine della figura 2, dopo l'eliminazione dei rami morti dei confini rilevati,
- la figura 4 è uno schema a blocchi del procedimento della presente invenzione,
- la figura 5 illustra schematicamente esempi di relazioni fra il punto di un confine rilevato ed i punti o gruppi (cluster) di punti vicini,
- la figura 6 illustra un esempio di bordi chiusi identificati durante il procedimento della presente invenzione, e
- la figura 7 mostra un esempio della fase di riempimento delle zone esterne ad un bordo chiuso, per identificare un'area chiusa di mascheratura.

Il procedimento della presente invenzione è atto ad operare in combinazione con un elaboratore elettronico comprendente una memoria, un'unità di visualizzazione o schermo video, ed un dispositivo di input, quale una tastiera, mouse, joystick o simili. Preferibilmente, ma non limitativamente, all'elaboratore elettronico è connesso un dispositivo di acquisizione di dati di immagini, quale uno scanner. Opzionalmente, l'elaboratore elettronico è connesso ad una rete di dati o ad una linea telefonica o simili.

Un'immagine digitale comprende una pluralità di punti o pixel organizzati in righe successive, ciascuno dei quali è definito da un gruppo di valori, memorizzati nella memoria dell'elaboratore elettronico, identificativi delle caratteristiche di colorazione del punto stesso.

Generalmente, i dispositivi di acquisizione di immagini digitali di

tipo noto (telecamere o fotocamere digitali, scanner a colori, ecc.) codificano ciascun punto di un'immagine con una terna di valori che esprime il livello delle tonalità di rosso, verde e blu del colore del punto (codifica RGB), che definiamo "coordinate di colore" del punto. A partire da tale codifica, viene applicato un algoritmo di trasformazione delle coordinate di colore del punto che fornisce in uscita una terna di valori esprimente il livello di tonalità cromatica, di luminosità e di saturazione del colore del punto stesso (codifica HLS). Tale trasformazione è utile per affrontare il passo successivo del procedimento della presente invenzione, che consiste nella trasformazione di un'immagine digitale a colori in un'immagine digitale in toni di grigio, di cui un esempio è illustrato nella figura 1. Ad ogni punto o pixel dell'immagine digitale 10 viene associata una struttura di dati POINT contenente il valore POINT_VALUE, identificativo solo della luminosità relativa del punto. Nel sistema della presente invenzione, quindi, a differenza dei sistemi noti, e nonostante la destinazione d'uso del sistema sia legata al settore della gestione di colori, viene sostanzialmente ignorata, o appiattita al solo livello della gradazione di luminosità, l'informazione di tonalità cromatica presente nell'immagine originale.

I dati di luminosità dei punti dell'immagine digitale, memorizzati nel campo POINT_VALUE, vengono elaborati da un algoritmo di rilevamento dei bordi (edge-detection) implementato in forma di software sull'elaboratore elettronico. Sono noti svariati algoritmi atti allo scopo specificato, la cui descrizione specifica esula dagli scopi della presente invenzione, che forniscono in uscita, per ciascun punto dell'immagine digitale, un valore rappresentativo del gradiente di luminosità dei punti

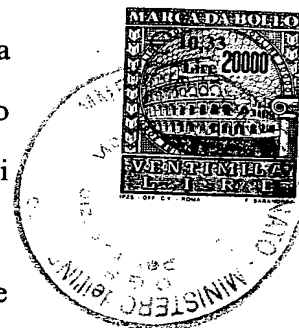
PROVISIONATO & CO S.R.L.

vicini. Ai fini della presente descrizione, senza che ciò debba essere considerato limitativo, si assumerà convenzionalmente che tale valore sia tanto maggiore quanto più è brusca è la variazione di luminosità fra il punto considerato ed i suoi punti vicini, cioè quanto maggiore è il gradiente di luminosità.

Se il valore del gradiente di luminosità di un certo punto è elevato e supera un determinato valore di soglia, tale punto è considerato un confine fra zone di luminosità differente, che potrebbe risultare il confine di separazione fra un oggetto raffigurato nell'immagine digitale e lo sfondo, oppure fra due oggetti. Gli algoritmi di edge-detection migliori per i fini della presente invenzione forniscono in uscita confini di larghezza sostanzialmente pari ad un punto o pixel, così da definire una mappa di confini sostanzialmente allungati e lineari.

Se il valore del gradiente di luminosità in un punto supera il suddetto valore di soglia, detto punto viene considerato convenzionalmente "nero" e per semplicità di esposizione, nel seguito della presente descrizione ci riferiremo ad esso come ad un punto di "confine". Al contrario, si definiscono convenzionalmente "bianchi" i punti in cui il suddetto valore del gradiente di luminosità non supera il suddetto valore di soglia. Al termine dell'algoritmo di edge-detection, i dati memorizzati in POINT_VALUE contengono i valori dei gradienti di luminosità dei vari punti dell'immagine. Tali valori sono poi interpretati come valori "nero" o "bianco" (o, in modo equivalente, "vero" o "falso") confrontandoli con il valore di soglia sopra menzionato.

I suddetti valori di punti bianchi (falsi) e neri (veri) vengono



PROVISIONATO & CO S.R.L.

successivamente considerati durante un ciclo di chiusura, ripetuto una o più volte, a sua volta comprendente una prima fase di etichettatura dei confini (LabelEdges), una seconda fase di scansione di chiusura (ScanToClose), ed una terza fase di definizione dei punti vicini (SetRealNeighbours). Nel dettaglio, durante la fase di etichettatura dei confini, ogni punto viene considerato in base all'intensità del gradiente di luminosità rilevato, e in particolare in base al fatto che esso sia bianco o nero, in pratica leggendo il valore del dato POINT_VALUE. Durante questa fase, si genera un vettore di strutture di dati BORDER, memorizzato separatamente sull'elaboratore dal vettore di strutture POINT dei dati dei punti, in cui sono elencati progressivamente i confini che presentano una continuità, e cioè che presentano uno o più vicini, intendendo come vicino un punto o gruppo (cluster) di punti "neri" adiacenti. Ciascun confine è identificato da una etichetta BORDER_LABEL, in pratica un valore numerico progressivo, e ad esso è assegnato un valore di lunghezza BORDER_LENGTH, pari al numero di punti o pixel da cui è composto, nel suo svolgimento lineare, il suddetto confine. In una variante della presente invenzione, a ciascun bordo è inoltre assegnato un valore di coerenza BORDER_COHERENCE, indicativo della regolarità del confine, ad esempio tanto più elevato quanto più il confine è regolare, e tanto più basso quanto più il confine è frastagliato od irregolare. Durante la fase di etichettatura LabelEdges, vengono identificati praticamente tutti i confini, siano essi chiusi o aperti, e di qualunque lunghezza essi siano, a condizione che almeno un punto del confine abbia un gradiente sufficientemente significativo, vale a dire superiore al valore di soglia predeterminato.

A ciascun punto dell'immagine viene associato perciò, oltre al valore POINT_VALUE, un ulteriore valore di etichetta POINT_LABEL che può assumere i valori di LABEL_NONE (nel caso in cui il punto sia bianco e non appartenga a nessun confine identificato), LABEL_BOUNDARY (nel caso in cui il punto si trovi sul bordo dell'immagine digitale), oppure un valore di etichetta corrispondente all'identificativo progressivo del corrispondente confine, identificato dal valore BORDER_LABEL nel modo sopra descritto.

Nella successiva fase di scansione di chiusura, si cerca di chiudere i confini incompleti per generare bordi chiusi, aggiungendo punti "neri" alla mappa di punti elaborata dall'algoritmo di edge-detection. Nella figura 2 è mostrato un esempio dell'immagine ottenuta, a partire dall'immagine 10 della figura 1, visualizzando i confini ottenuti al termine della fase di scansione di chiusura. In particolare, si sfrutta a tale fine il valore di lunghezza di bordo BORDER_LENGTH identificato nella precedente fase di etichettatura LabelEdge. Un metodo abbastanza rapido consiste nel cercare di prolungare un confine solo se il suo valore BORDER_LENGTH è sufficientemente lungo, superiore ad un valore di soglia che può essere predeterminato o definito sulla base della media della lunghezza dei confini individuati e memorizzati nelle strutture BORDER. A partire da un'estremità aperta di uno di tali confini aperti, si effettua una ricerca fra i punti circostanti per individuare un altro punto nero, e prolungare così l'estremità aperta con l'aggiunta di punti neri intermedi. Nel considerare i punti neri circostanti, naturalmente si scartano i punti appartenenti allo stesso confine cui appartiene anche il punto di estremità in questione, per evitare di

chiudere il confine su sé stesso.

La distanza in punti o pixel alla quale ci si spinge per la ricerca di un altro confine a partire dall'estremità di un confine aperto è proporzionale al valore della lunghezza di quest'ultimo (BORDER_LENGTH), così da evitare di prolungare frammenti molto corti e spesso incidentali, favorendo invece la chiusura di confini la cui estensione lineare assume particolare rilevanza. In questa fase, la scelta del percorso di chiusura del confine aperto, cioè della sequenza di punti "bianchi" da trasformare in punti "neri", può avvenire secondo una o più modalità di ottimizzazione. Ad esempio, potrebbero essere considerati prima di tutto i punti che giacciono sulla traiettoria più diretta o sul percorso più corto che congiunge l'estremità del confine aperto al confine di arrivo. In alternativa, o in combinazione, si può tenere conto del valore effettivo del gradiente di luminosità dei punti adiacenti, nonostante questi siano stati inizialmente considerati come punti "bianchi". Ciò significa che fra le varie traiettorie possibili di congiungimento dell'estremità del confine aperto con il confine di arrivo, si includono quelle che contengono punti il cui gradiente di luminosità è di poco al di sotto della soglia che separa i punti neri dai punti bianchi e comunque maggiore di quello di tutti gli altri punti circostanti non appartenenti al confine aperto. Agli effetti pratici, è sufficiente abbassare temporaneamente e localmente il valore di soglia del gradiente di luminosità per far "emergere", dal gruppo di punti "bianchi" adiacenti all'estremità del confine aperto, eventuali ulteriori punti "neri" utilizzabili come indicazione della migliore traiettoria da seguire per la chiusura del confine aperto. In aggiunta o in alternativa ai criteri di scelta della traiettoria di chiusura sopra

PROVISIONATO & CO S.R.L.

indicati, si può tener conto del valore di coerenza BORDER_COHERENCE, per individuare una traiettoria di chiusura del confine che meglio rispecchi le caratteristiche morfologiche del confine stesso.

Al termine di ogni ripetizione della fase di scansione di chiusura ScanToClose, la fase di definizione dei punti vicini SetRealNeighbours definisce (al primo passaggio) o aggiorna (nei passaggi successivi) un valore numerico POINT_NEIGHBOURS rappresentativo del numero di gruppi di punti neri confinanti con ciascun punto nero P dell'immagine digitale. In particolare, con riferimento alla figura 5, tale valore numerico è pari a:

- 0: nel caso in cui il punto nero P considerato non abbia alcun punto nero vicino e sia quindi un punto isolato nella mappa M dell'immagine, non appartenente ad alcun confine (esempio 5a);
- 1: nel caso in cui il punto nero P considerato sia il punto terminale di un ramo di confine aperto (esempio 5b);
- 2: nel caso in cui il punto nero P considerato sia un punto appartenente ad un confine generico (esempio 5c);
- 3 o 4: nel caso in cui il punto nero P considerato sia il punto di incrocio di più rami di un confine (esempio 5d).

Successivamente all fase di ridefinizione dei punti vicini SetRealNeighbours, i dati BORDER_LABEL e BORDER_LENGTH vengono aggiornati, richiamando nuovamente la suddetta fase di etichettatura dei confini LabelEdges, per rispecchiare il fatto che alcuni confini sono stati combinati per formare bordi chiusi nella precedente fase di scansione di chiusura ScanToClose.

Il ciclo di chiusura comprendente le tre fasi sopra descritte viene



PROVISIONATO & CO S.R.L.

ripetuto fino a quando non risulta più possibile effettuare alcuna chiusura di bordi. In pratica, viene fornito un numero massimo di ripetizioni possibili, per evitare il rischio di allungare troppo i tempi di elaborazione. In via sperimentale, si è trovato che un numero di ripetizioni massimo pari a circa venti fornisce risultati di chiusura del tutto accettabili.

Al termine del ciclo di chiusura, l'immagine digitale presenta una serie di bordi chiusi e di rami aperti, questi ultimi costituiti dai residui confini aperti che sono risultati troppo corti o troppo distanti da altri confini per poter essere chiusi nel ciclo di chiusura. Un esempio di rappresentazione grafica dell'immagine digitale risultante è analogo a quanto illustrato nella figura 2. Una fase successiva del sistema della presente invenzione consiste nella potatura (Prune) dei rami aperti. A tal fine, vengono considerate le estremità dei confini o rami che sono rimasti aperti nonostante l'applicazione del ciclo di chiusura, ed in particolare i punti neri per i quali il valore POINT_NEIGHBOURS sia pari all'unità. A partire dall'estremità di ciascun ramo aperto e procedendo a ritroso lungo il suddetto ramo, la potatura si ottiene diminuendo di un'unità il valore POINT_NEIGHBOURS di ciascun punto nero del ramo aperto, finché non si incontra un incrocio, per il quale il valore di POINT_NEIGHBOURS, pur diminuito di un'unità, rimane comunque superiore ad uno. In pratica, si parte dall'estremità di un ramo aperto o morto, che vede passare il valore di POINT_NEIGHBOURS da uno a zero. Si valuta poi il punto nero adiacente, diminuendo anche per esso il valore di POINT_NEIGHBOURS di un'unità. A questo punto, si presentano due possibilità: se il nuovo valore di POINT_NEIGHBOURS è uguale all'unità, allora questo punto nero è la nuova estremità del ramo

PROVISIONATO & CO S.R.L.

aperto, e si passa perciò a considerare il suo corrispondente punto nero adiacente, oppure il nuovo valore di POINT_NEIGHBOURS è superiore all'unità, e allora la procedura di potatura viene interrotta, perché ci si trova in corrispondenza di un incrocio.

Al termine di un'operazione di potatura, tutti i punti di un ramo morto avranno valore di POINT_NEIGHBOURS pari a zero, con l'esclusione del punto di "gemma", ossia del punto nero situato in corrispondenza dell'incrocio del ramo morto con un altro ramo o bordo. In pratica, al termine dell'operazione di potatura, tutti i punti dell'immagine digitale appartenenti a bordi chiusi avranno valore POINT_NEIGHBOURS uguale o superiore a due. Per le successive fasi del procedimento è quindi sufficiente tenere conto del solo valore POINT_NEIGHBOURS di ciascun punto.

Il procedimento fin qui seguito porta all'individuazione di bordi chiusi di lunghezza non trascurabile e alla etichettatura degli stessi, consentendo di partire dalla mappa di confini rilevata dall'algoritmo di edge-detection (figura 2) per arrivare a chiudere eventuali bordi aperti a causa di piccole mancanze di continuità non rilevabili dall'immagine digitale originale (figura 1), eliminando i rami aperti che non sono stati chiusi (figura 3).

Tuttavia, non si è ancora identificata alcuna area, bensì solo bordi chiusi una o più volte. Come visibile nella figura 6, il procedimento fino a questo punto ha etichettato come bordi chiusi sia il bordo semplice 6a, sia i bordi, pure chiusi ma più complessi, 6b e 6c. Quest'ultimo tipo di bordo chiuso 6c è definito come "bordo a occhiali", e comprende un confine le cui

estremità si chiudono su sé stesse per formare due "lenti" od occhielli, fra loro connessi dal tratto intermedio del confine. I bordi ad occhiali sono insidiosi e rappresentano spesso un ostacolo nell'eliminazione dai dati di un'immagine di confini che non definiscono aree chiuse. E' quindi preferibile attivare una fase di eliminazione dei bordi ad occhiali per cercare di depurare i dati dell'immagine digitale da elementi spuri.

La fase di eliminazione dei bordi ad occhiali risulta praticamente indispensabile nel caso in cui, per la costruzione delle mascherature, ci si serva dei noti metodi per la costruzione di poligoni a partire da serie ordinate di punti. Per definizione, infatti, i poligoni sono delimitati da bordi chiusi. In questo caso, se non si provvedesse all'eliminazione completa dei bordi, i risultati della mascheratura finale sarebbero imprevedibili ed erronei. Tuttavia, nella forma preferita di attuazione della presente invenzione, come meglio specificato nel seguito, non è strettamente necessario eliminare i bordi ad occhiale, perché la mascheratura dell'immagine digitale può essere realizzata attraverso una fase di definizione di semplici aree chiuse, senza che sia necessario ordinare i punti dei bordi chiusi che le delimitano.

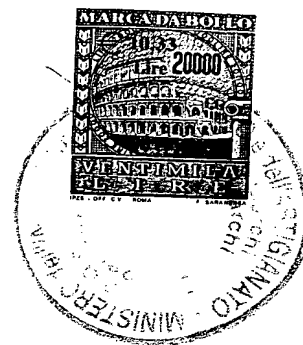
Nella fase di eliminazione dei bordi ad occhiali è possibile potare il tratto intermedio che unisce i due occhielli di estremità, oppure assimilare ciascun occhiello all'estremità di un confine aperto, che viene chiuso in modo sostanzialmente simile a quanto sopra descritto con riferimento al ciclo di chiusura dei confini aperti. La scelta fra il tipo di metodo da impiegare per l'eliminazione dei bordi ad occhiali dipende sostanzialmente dalla lunghezza del tratto intermedio rapportata alla lunghezza degli

PROVISIONATO & CO S.R.L.

occhielli di estremità. Vantaggiosamente, la fase di eliminazione dei bordi ad occhiali può essere inserita all'interno del ciclo di chiusura sopra descritto, prima della fase di potatura, in modo tale da tener conto anche dei confini che presentano un solo occhiello di estremità, di dimensioni ridotte, che possa essere assimilato all'estremità di un confine aperto.

Al termine del ciclo di chiusura, della potatura e dell'eventuale eliminazione dei bordi ad occhiale, i dati sulla mascheratura vengono raccolti sotto forma di un vettore di oggetti, ognuno dei quali contiene i dati relativi ad un solo bordo chiuso rilevato, in particolare il valore della sua lunghezza `BORDER_LENGTH` e l'elenco dei punti ad esso appartenenti, sulla base dell'etichettatura degli stessi grazie al valore `POINT_LABEL`. L'immagine digitale viene scandita secondo una sequenza dall'alto a sinistra fino al basso a destra (Top-Left to Bottom-Right), in modo da incontrare, nella successione di bordi chiusi, sempre sicuramente un bordo esterno (contenente) prima di un corrispondente bordo in esso contenuto. Tale metodo consente di elencare in una sequenza ordinata i vari bordi chiusi. I singoli punti appartenenti ai vari bordi non sono invece raccolti in alcun ordine particolare, dal momento che ciò non è essenziale ai fini della presente invenzione, e consente di rendere più rapido il procedimento di mascheratura.

In seguito, i punti di ogni bordo, preso ordinatamente dalla sequenza ordinata di bordi ottenuta con la scansione Top-Left to Bottom-Right sopra indicata, vengono riportati singolarmente su una mappa temporanea ausiliaria. In tale mappa, ogni punto o pixel viene colorato ad esempio di nero o di bianco, o altri due distinti colori, a seconda del valore "nero" o



PROVISIONATO & CO S.R.L.

"bianco" del valore POINT_VALUE determinato nelle fasi precedenti. Una successiva operazione di riempimento (Fill) della zona esterna ai bordi con un colore diverso dai primi due permette di individuare immediatamente l'area interna e l'area esterna al bordo che definisce il perimetro più ampio della figura. Tale fase è illustrata schematicamente nella figura 7, in cui con 7a è indicata una mappa ausiliare M1 sulla quale sono riportati i punti di un bordo chiuso B. Con il numero 7b è indicata una fase intermedia dell'operazione di riempimento della zona esterna E al bordo chiuso B, mentre con 7c è indicata l'area risultante di mascheratura K individuata mediante l'operazione di riempimento. La fase di riempimento viene ripetuta per ogni bordo chiuso individuato nelle fasi precedenti, individuando così una sequenza di aree chiuse.

Le singole aree chiuse individuate sulla mappa temporanea vengono riportate su una mappa comune, nella posizione originaria che compete loro, con riferimento ai dati di posizione dei punti dell'immagine digitale di partenza. Le aree vengono riportate sulla mappa comune nell'ordine definito dalla sequenza ordinata di bordi individuata nella scansione Top-Left to Bottom-Right, così da poter verificare semplicemente se un suo qualsiasi punto ricade, cioè coincide, con un punto interno di un'area definita da un bordo precedente nell'ordinamento in sequenza suddetto. E' possibile verificare così in modo semplice se ciascuna area sia contenuta o meno all'interno di altre aree chiuse precedentemente riportate sulla mappa comune, riuscendo in tal modo ad organizzare le aree stesse secondo una gerarchia di aree contenenti-contenute, ad esempio per gestire eventuali buchi delle maschere. Ad esempio, le aree più esterne possono essere

PROVISIONATO & CO S.R.L.

considerate piene, mentre le aree successive nella gerarchia contenenti-contenute, le cosiddette aree "figlie", possono essere considerate come buchi nelle aree di gerarchia superiore, le quali vengono così "vuotate" nella zona occupata dall'area figlia contenuta. Nell'esempio della figura 3, il bordo chiuso 13 definisce l'area interna del telaio 11 della finestra illustrata nell'immagine di figura 1, mentre i bordi chiusi 14 definiscono buchi nel suddetto telaio 11, corrispondenti ai vetri 12 della finestra della figura 1. Tramite il procedimento della presente invenzione si è quindi raggiunto l'obiettivo di definire in modo semplice e rapido, senza intervento dell'utente, una mascheratura per l'oggetto costituito dal telaio 11 della finestra raffigurata nell'immagine della figura 1.

A questo punto, l'utente può ad esempio selezionare un colore a piacere da una base di dati memorizzata sull'elaboratore elettronico ed applicare tale colore alla mascheratura definente il telaio 11, per cambiare – sull'immagine originale a colori, la sola tinta cromatica del telaio stesso. Inoltre, i dati di luminosità dei punti dell'immagine originale sono ancora disponibili, così che il parametro di luminosità del nuovo colore selezionato dall'utente può essere graduato, punto per punto, all'interno della mascheratura del telaio 11, per ottenere un effetto di colorazione dell'immagine digitale molto realistico, tale da rispettare i contrasti luce-ombra del soggetto reale come originariamente fotografato.

Il procedimento sopra descritto, interamente automatico, può essere integrato con una fase di modifica interattiva guidata dall'utente. A seconda delle caratteristiche dell'immagine originale, ad esempio, il ciclo di chiusura dei confini potrebbe avere generato bordi chiusi in eccesso rispetto a quanto

desiderato, come ad esempio il bordo chiuso 15 della figura 3. E' sufficiente predisporre uno strumento di modifica dei confini che operi sulla mappa di confini della figura 3, guidato dal dispositivo di input, ad esempio un mouse. Mediante tale strumento di tipo "gomma" è possibile cancellare alcuni punti del bordo chiuso 15, per trasformarlo in un confine aperto. Un passaggio successivo attraverso la fase automatica di potatura provvederà all'eliminazione del bordo 15, divenuto un confine aperto ad opera dell'utente.

Al contrario, la mappa dei confini di figura 2, ottenuta al termine del ciclo di chiusura prima della fase di potatura, può essere presentata ad un utente che desideri chiudere eventuali confini ancora aperti. A tal fine può essere predisposto uno strumento di tipo "penna", che consenta di tracciare linee di larghezza pari ad un punto o pixel, annerendo i punti indicati dall'utente sulla mappa mediante uno strumento di input interattivo, quale un mouse.

Anche la fase di riempimento e di definizione della gerarchia di aree chiuse può essere sottoposta all'interazione con un utente. Come visibile nella figura 7, infatti, il procedimento automatico di riempimento considera solo l'area chiusa circondata dal profilo più periferico di un bordo B chiuso più volte. Nella mascheratura K definitiva, vengono ignorate le sottoaree K1, K2, K3 e K4 dell'esempio 7b. La mappa di mascheratura, ad esempio quella indicata come 7b nella figura 7, può essere presentata ad un utente che, mediante un dispositivo di input, può indicare uno dei punti interni ad una delle sottoaree K1, K2, K3, K4, in modo da effettuare un riempimento anche al suo interno e, di fatto, aggregarla all'area esterna E e sottrarla

all'area chiusa di mascheratura K.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno ampiamente variare rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione.



PROVISIONATO & CO S.R.L.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale, comprendente le seguenti fasi:
 - suddividere un'immagine in una pluralità di punti e memorizzare in sequenza ordinata nella memoria di un elaboratore elettronico valori rappresentativi almeno della luminosità relativa di ciascun punto dell'immagine,
 - memorizzare in sequenza ordinata nella memoria dell'elaboratore elettronico valori rappresentativi del gradiente di luminosità di ciascun punto dell'immagine, determinati in base ai valori di luminosità di ciascun punto e dei punti circostanti,
 - predisporre un valore di soglia intermedio, per suddividere i valori di gradiente di luminosità in un primo ed un secondo gruppo,
 - memorizzare nella memoria dell'elaboratore elettronico una serie ordinata di valori identificativi di confini, definiti ciascuno da una schiera di punti adiacenti il cui valore di gradiente appartenga al primo gruppo di valori di gradiente di luminosità,
 - selezionare bordi chiusi, definiti dai confini i cui punti presentano tutti almeno due vicini i cui valori di gradiente di luminosità appartengono al primo gruppo,
 - memorizzare nella memoria dell'elaboratore elettronico i punti dell'immagine che sono compresi all'interno di ciascun bordo, preso in successione, per definire aree di mascheratura dell'immagine digitale in corrispondenza di oggetti raffigurati nell'immagine stessa.
2. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di

mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che, prima della fase di selezione dei bordi chiusi, comprende un ciclo di chiusura includente le fasi, ripetute una più volte, di:

- identificare i punti di estremità di confini aperti, definiti come punti di un confine che presentano un solo punto adiacente i cui valori di gradiente di luminosità appartengono al primo gruppo,
- selezionare, fra i punti i cui valori di gradiente di luminosità appartengono al secondo gruppo, una schiera di punti definente una traiettoria di chiusura fra il punto di estremità del confine aperto ed un punto non immediatamente adiacente di un confine,
- identificare i punti della schiera selezionata nella fase precedente come appartenenti allo stesso confine del punto di estremità, e
- aggiornare la serie ordinata dei valori identificativi dei confini.

3. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che nel ciclo di chiusura di confini aperti, i valori di gradiente di luminosità del secondo gruppo dei punti appartenenti alla traiettoria di chiusura vengono modificati in un valore compreso nel campo di valori del primo gruppo.

4. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che nel ciclo di chiusura di confini aperti, la schiera di punti selezionata nel secondo gruppo presenta valori di gradiente di luminosità poco distanti dal valore di soglia predeterminato.

5. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di

mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che nel ciclo di chiusura di confini aperti, la scelta della schiera di punti selezionata nel secondo gruppo dipende da un valore di coerenza rappresentativo del grado di regolarità del confine stesso.

6. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che la fase di memorizzazione della serie ordinata di valori identificativi di confini comprende la memorizzazione della lunghezza di detti confini, definita come il numero di punti appartenenti al primo gruppo che concorrono a definire ciascun confine, la distanza in punti o pixel alla quale ci si spinge per la ricerca di un altro confine a partire dal punto di estremità di un confine aperto essendo proporzionale alla lunghezza di quest'ultimo, per evitare di prolungare frammenti di confine molto corti e spesso incidentali, e favorire invece la chiusura di confini la cui estensione lineare assume particolare rilevanza.

7. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che, successivamente alla fase di selezione dei bordi chiusi, comprende una fase di potatura dei confini aperti.

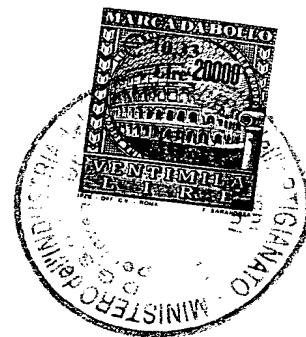
8. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che comprende una fase di identificazione e memorizzazione, per ciascun punto dell'immagine, del numero di punti o gruppi di punti vicini appartenenti ad un confine, definito dai punti il cui valore di gradiente di luminosità è superiore al valore di soglia

predeterminato, nella fase di potatura essendo aggiornato, a partire dall'estremità di ciascun confine aperto e procedendo a ritroso lungo il confine stesso, il valore del numero di punti o gruppi di punti vicini a ciascun punto del confine, diminuendolo di un'unità fino a quando non si incontra un valore che, pur ridotto, si mantiene superiore all'unità in corrispondenza di una gemma o punto di incrocio di un confine.

9. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che comprende una prima fase preliminare di acquisizione di un'immagine a colori mediante mezzi di digitalizzazione operativamente connessi all'elaboratore elettronico, una seconda fase preliminare di memorizzazione di una sequenza di valori rappresentativi di parametri di colore di punti di detta immagine, ed una terza fase preliminare di trasformazione di detti valori di parametri di colore in valori equivalenti comprendenti, per ciascun punto dell'immagine, almeno un valore rappresentativo della luminosità del punto.

10. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il valore di soglia intermedio è proporzionale alla media dei valori di gradiente di luminosità di tutti i punti dell'immagine digitale.

11. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che, successivamente alla fase di potatura, comprende un'ulteriore fase di eliminazione di bordi ad occhiali, definiti da bordi le cui



PROVISIONATO & CO S.R.L.

estremità sono chiuse ad occhiello e sono connesse da un tratto di confine intermedio.

12. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che la fase di eliminazione dei bordi ad occhiali include l'eliminazione del tratto di confine intermedio o, selettivamente in alternativa, la chiusura delle estremità ad occhiello tramite un tratto aggiuntivo di confine di chiusura.

13. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che prima della fase di memorizzazione dei punti dell'immagine che sono compresi all'interno di ciascun bordo, i bordi chiusi vengono organizzati in una sequenza ordinata, i punti di ciascun bordo chiuso essendo poi riportati su una mappa temporanea per l'individuazione, mediante riempimento dell'area ad essi esterna, dell'area interna a ciascun bordo.

14. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 14, caratterizzato dal fatto che successivamente all'individuazione dell'area interna a ciascun bordo, i punti di dette aree sono riportati su una mappa comune in successione secondo l'ordine della sequenza di ordinamento dei bordi chiusi, controllando, per ciascuna area, se un suo qualsiasi punto ricada o meno in corrispondenza di un punto di un'area relativa ad un bordo sequenzialmente precedente, per individuare un ordine gerarchico di aree chiuse contenenti-contenute.

PROVISIONATO & CO S.R.L.

15. Procedimento per l'individuazione di aree chiuse e la definizione di mascherature in un'immagine digitale secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che comprende almeno una modifica interattiva dei valori dei punti, dei confini e/o delle aree chiuse da parte di un utente, attuata mediante mezzi di input operativamente connessi all'elaboratore elettronico, comprendente una fase di visualizzazione su mezzi di video dei confini, e includente almeno un'operazione selezionata nel gruppo di operazioni comprendente:

- un'operazione di apertura di bordi chiusi, mediante modifica dei valori memorizzati sull'elaboratore ed associati a punti appartenenti ad un bordo chiuso ed individuati mediante i mezzi di input,
- un'operazione di chiusura di bordi aperti, mediante modifica dei valori memorizzati sull'elaboratore ed associati a punti i cui valori di gradiente di luminosità risultano inferiori al valore di soglia predeterminato e che sono individuati dall'utente mediante i mezzi di input, e
- un'operazione di assegnazione di un'area chiusa ad un gruppo di aree di gerarchia differente, mediante individuazione da parte dell'utente mediante i mezzi di input di almeno un punto della suddetta area chiusa.

Per incarico di: COROB INTERNATIONAL AG

Ing. Paolo Provvisionato

Is. 112. Albo N. 536



UFFICIO PROVINCIALE INDUSTRIA
COMMERCIO E ARTIGIANATO
DI BOLOGNA
UFFICIO BREVETTI
IL FUNZIONARIO

PROVVISIONATO & CO S.R.L.

FIG. 1

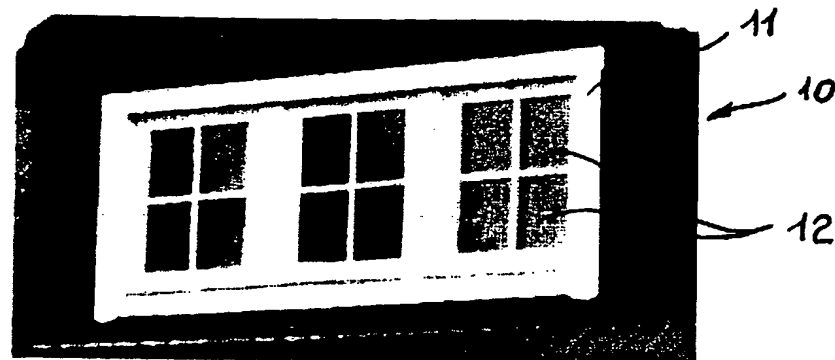


FIG. 2

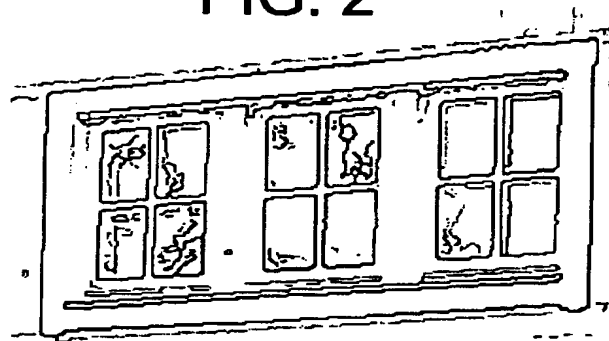
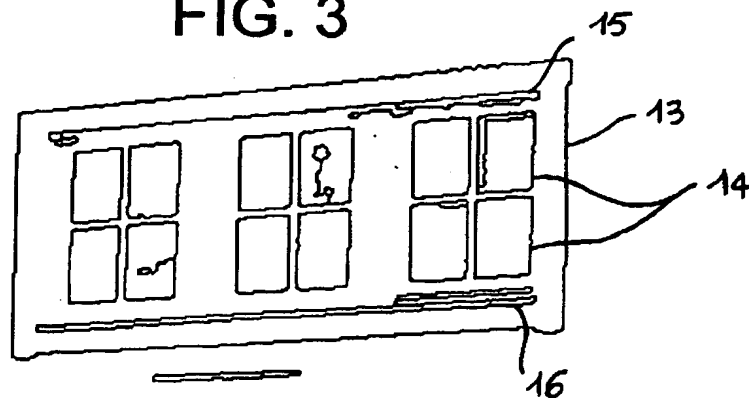


FIG. 3



Per incarico di: COROB INTERNATIONAL AG



UFFICIO PROVINCIALE INDUSTRIA
COMMERCIO E ARTIGIANATO
DI BOLOGNA
UFFICIO BREVETTI
IL FUNZIONARIO

Ing. Paolo Provvisionato
Iscriz. Albo N. 538

FIG. 4

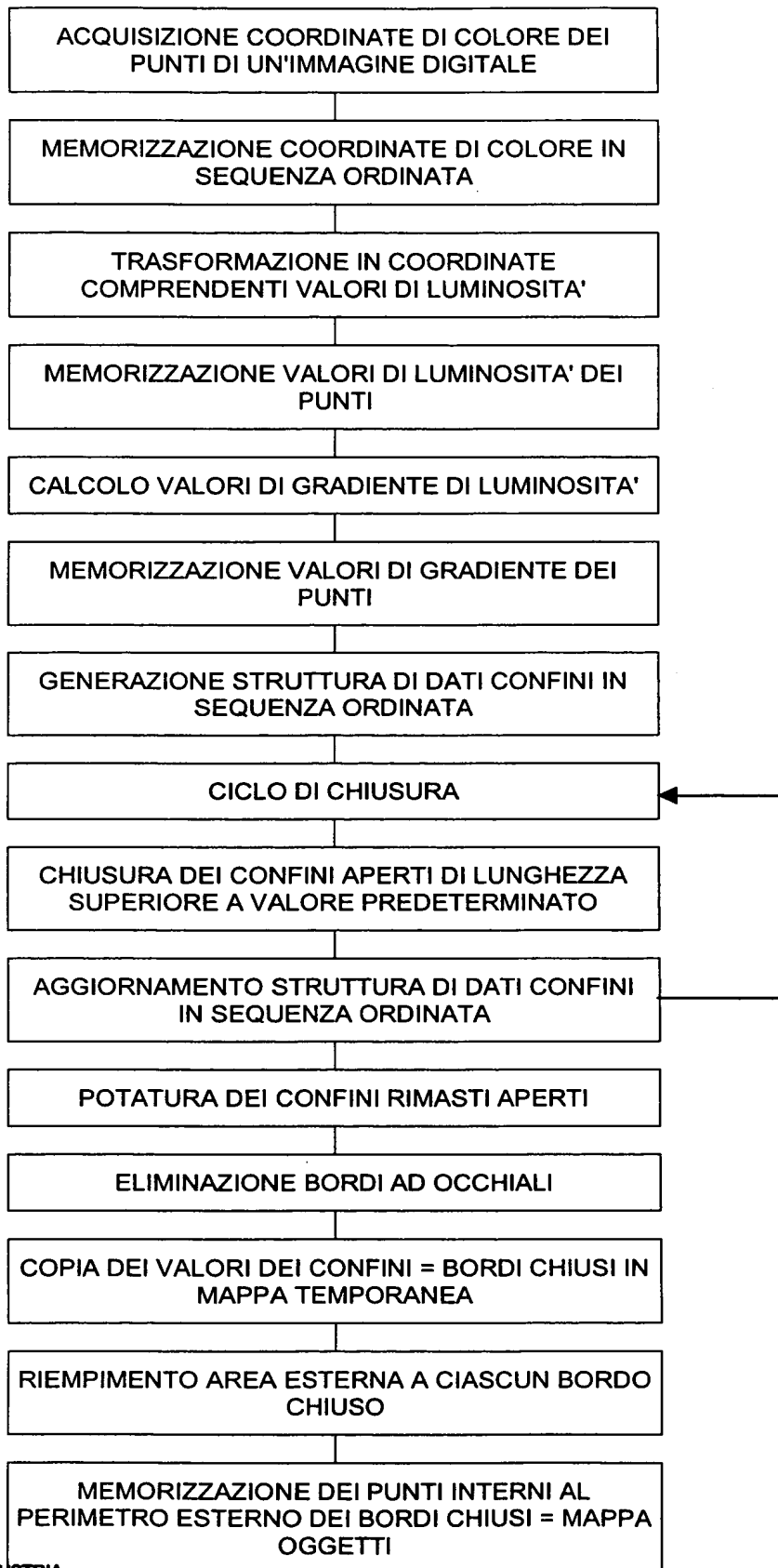


FIG. 5

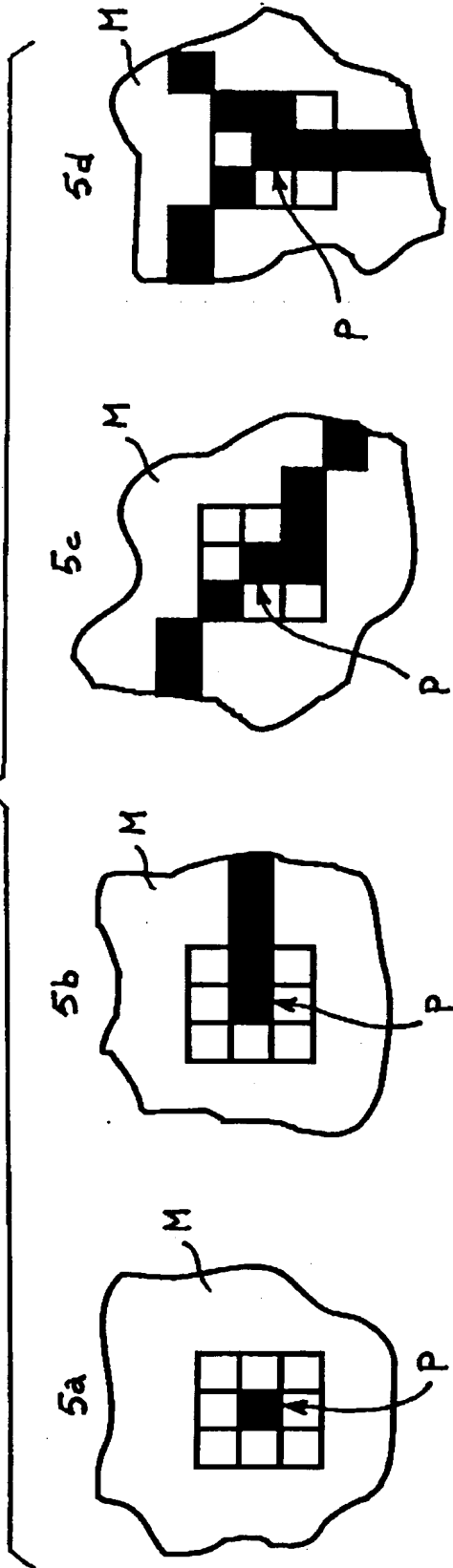


FIG. 7

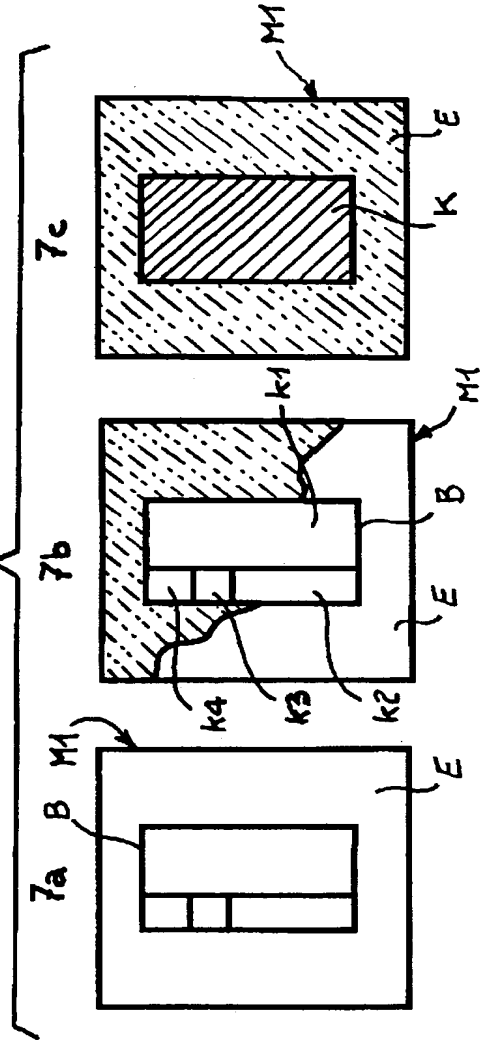


FIG. 6

